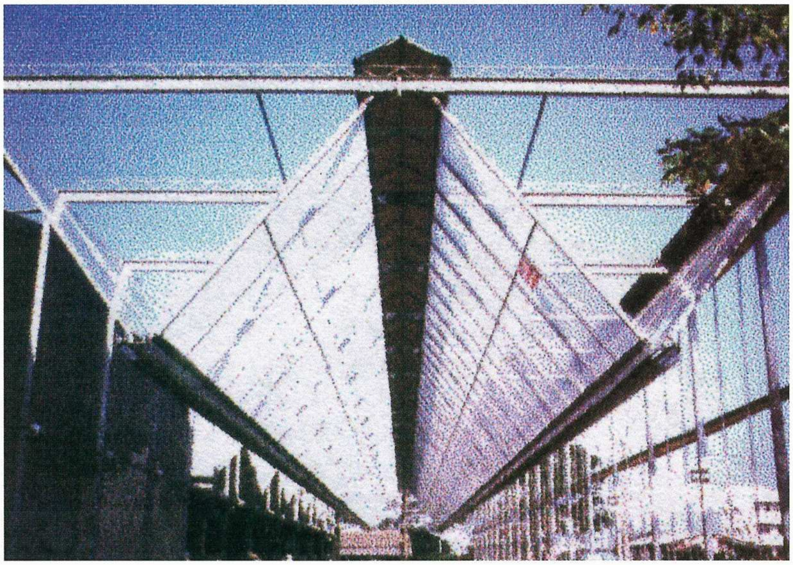
溫室設施之覆蓋資材的種類與特性（上）

◎農試所農工系　蔡金川、黃禮棟、漆匡時、姚銘輝

一、前　言

溫室設施最主要的構造是骨架與覆蓋資材兩大部份，後者（覆蓋資材）會影響溫室的光、熱（保溫、通氣等）、水份、濕度及機械等特性，若要選擇覆蓋資材，第一要件則要考慮其光學特性，此特性通常是表示波長別透過率（分光透過率），入射角別透過率以及散光率（透過光全量中的擴散光之比例）。這些光學特性受到外來的水滴、塵埃的附著或是紫外線、熱、外力等對資材（覆蓋資材）質變的影響而變化，使資材間接影響到光的透過率。其次是熱的特性裡，保溫性最爲重要，這主要是由於資材對長波輻射性質的影響所致。關於資材對於溫室內水分、濕度特性的影響，最重要是取決於資材的防曇性與防霧性。而現在具有通氣性的資材，如有孔PE、不織布、寒冷紗等。在溫室裡能有效防止白天溫度過高，同時對二氧化碳的室內外之進出能得到有效的控制。

溫室因有資材的覆蓋才構成內外部的氣象環境的差異。其目的則不外乎要造成適當的環境給作物良好的生育，即資材的覆蓋方法、種類與特性之瞭解，對於溫室設施的構造或其環境的調節具有莫大的重要性。這次僅向各位介紹後兩者（種類、特性），以供溫室設施的栽培或研究者參考。



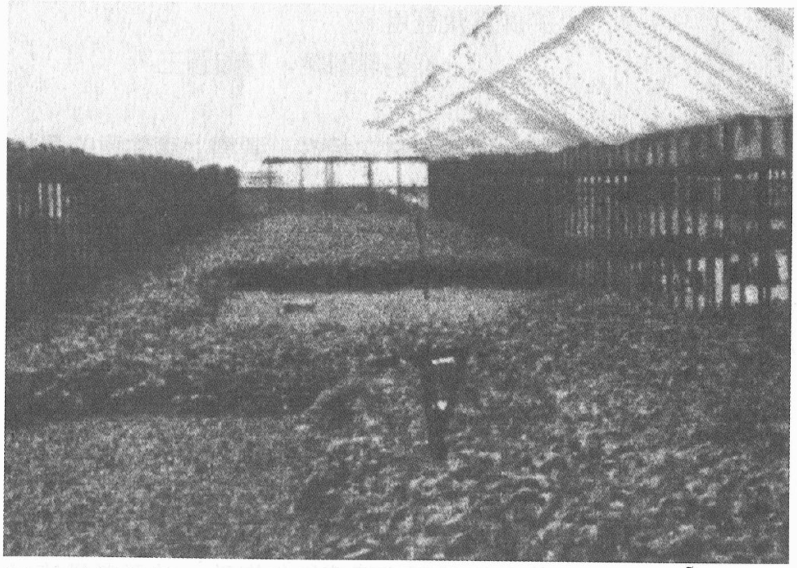
圖一、新研發之開放式W型溫室栽培設施

作者：蔡副研究員金川
聯絡電話：04-23302301轉710

二、覆蓋資材之種類

溫室的覆蓋資材從用途方面的分類，分爲外裝資材與內裝資材二種。外裝資材以家屋而言，相當於使用在外壁部份，是溫室的必須構造的一部份。如圖一新研發之開放式W型溫室栽培設施，其屋頂屬於外裝資材爲覆蓋資材之PO系特殊薄膜（厚度0.1mm）之一種。內裝資材是使用在窗簾或內部隧道，乃爲了栽培所需的一種內部裝備。如圖二傳統式塑膠布溫室栽培設施，內部上方裝有白色紗網之覆蓋資材屬於內裝資材爲農用PVC（10%遮光），夏天可減低光強，使莧菜纖維降低，葉梗柔軟適合我國民之可口性，即滿足消費者的需求，對人體是否營養有待研究。

又，由覆蓋資材的原材料觀點而言，可分爲玻璃，塑膠（plastic）類，植物纖維三種類。



圖二、傳統式塑膠布溫室栽培設施

玻璃亦有許多種類，溫室覆蓋資材主要是使用普通板玻璃，極少數是使用中間具有空氣層的複層板玻璃。

塑膠類又分爲，軟質薄膜（film），硬質薄膜，硬質板不織布之外還有纖維資材、寒冷紗、網類等。

薄膜的硬軟之區分是農業用氯化（乙烯薄膜）原料裡所含可塑劑（柔軟性製品，彈性爲目的添加樹脂成液狀或是固體狀的物質）的比例而異，因製造者的不同多多少少會有差異，可塑劑的比例大致20%以上的爲軟質，15%以下的是硬質。中間的稱爲半硬質，目前覆蓋資材市場並無商品。

這種軟硬之別，本來在農業應用有其區別，但現在不含可塑劑的農業用聚乙烯薄膜等，亦稱爲軟質薄膜。

軟質薄膜裡，日本使用最多的是農業用氯化乙烯薄膜（略稱：農用PVC），其次是農業用聚乙烯薄膜（略稱：農PE）以及農業用乙烯醋酸 Vinyl 的複合薄膜（略稱：農EVA），或是聚乙烯，及乙烯醋酸Vinyl複合薄膜呈現積層，或是這兩者重合成爲多層構造之PO系特殊薄膜。此外內部佈置專用的，對光或熱的反射率有特別高的反射之薄膜，反射薄膜是鋁粉利用塑膠膜與鋁鉑崁合塑膠布二大類，前者是聚乙烯並崁入鋁粉末之複層構造的銀色膜之外，聚乙烯或是PVC中混入鋁粉之一層構造的鋁混煉薄膜。後者

是polyester或polypropylene等比較硬的樹脂混嵌入鋁粉。

硬質膜則爲經由二軸展延的polyester，或乙稀、氟素同時合成的膜。此所說的二軸展延是使材料的縱方向橫方向之強度均勻，而且使提高其他的物性，於成型時行縱橫兩方向的展延。

硬質板是指厚度0.45～1.7mm的塑造板，有波浪板和平面板及二平板之間含有空氣層的複層板。又可分爲玻璃纖維強化的板與不含玻璃纖維的板。玻璃纖維強化的，有強化的polyester（FRP）與強化acrylic（FRA）二種，不含者有壓克力（acrylic MMA）與polycarbonate（PC），而後兩者都有複層板。

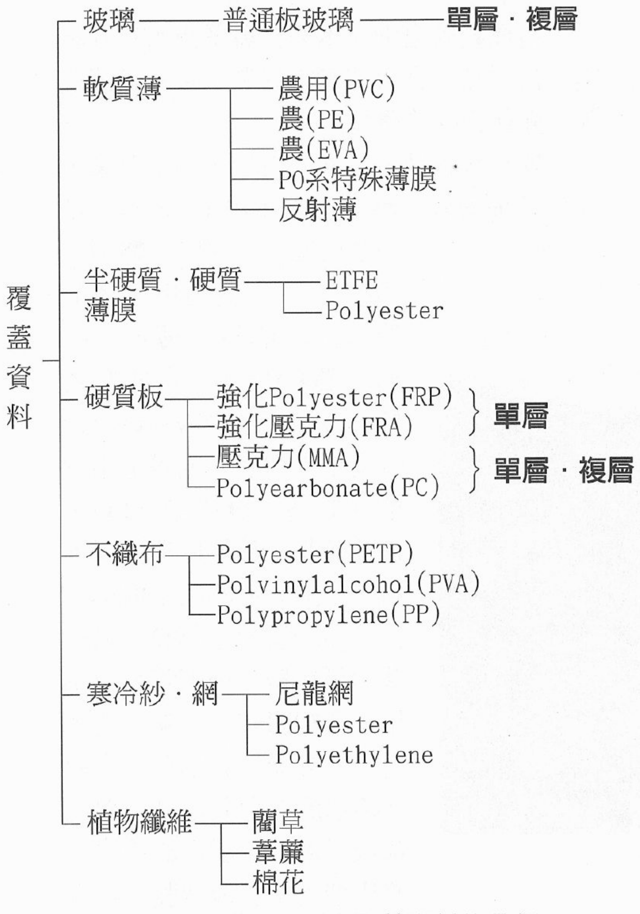
以上有玻璃，硬質板、硬質薄膜是專用於外裝置的資材，除反射薄膜外，軟質薄膜可用爲外、內裝置兩用的。

同樣的塑膠系資材，不織布是polyeaster，vinylon，polypropylene以熱硬化性樹脂所接合的布狀產品。又，以polyvinyl alcohol行延伸，切割的網狀編製成的割纖維資材（簡稱：PVA）與不織布都是可用於內部佈置的資材。

塑膠系資材，有寒冷紗、網狀紗。寒冷紗是vinylon，polyester，acrylic纖維所織成的，網狀物是polyethylene用的塑膠膜線所編織而成的，有平編織、空身編織等種類。溫室用主要是遮光用的內部佈置資材。

利用植物纖維的覆蓋資材有藺草、葦簾等。從前當爲保溫用資材，覆蓋在溫室外壁面，內部的隧道，最近幾乎不被使用。而最近以棉爲原料製成的不織布，於市面上販賣的做爲敷蓋用。

以上經整理歸納，有如圖三。



圖三、由原材料作覆蓋資材的分類

三、覆蓋資材之特性—選擇上應注意的資材特性(一)

覆蓋資材每種類具有各種的特色，吾輩只按實際的需要留意其特性來選擇。在此，不以資材別特性並列式來說明，而是以上述的觀點，分成外部裝置、內部裝置作爲說明。

(一)外裝資材之特性

外部用的資材所需求的特性，包括光學的特性、熱的特性，水、濕度的特性、機械的特性、耐候性等，其選擇要針對各種各樣的設施種類或經濟性作斟酌，並要考量使用的目的予以選擇。

1.光學的特性：選擇外裝置資材，特別有密切關係的光學的特性，可舉出光透過率與散光率。

⑴光透過率

光透過率，是資材面入射的光量裡透過多少的比例。一般目錄所記載的資材之光透過率，是表示日射裡可視光線的透過率(平行光線直角照射於資材時的透過率)，除了極少部份的資材之外，約90%的資材間無多大差異。

日射的波長別，分為紫外部、可視部、紅外部。尚且，一般光合成所用的領域為光合成有效波長範圍(400～700nm)」，這大致上與可視部相同，且多以可視部作代表。而1nm=10^{-6}mm=0.000001mm=10^{-9}m。

可視部或光合成有效波長範圍的透過率資材間並無多大差異，而紫外部的透過率資材間卻有不同的差異，甚至於同樣資材，因加上紫外線吸收劑的種類與量的不同而有很大差別。

其部份情況如圖四所示。

參考此圖，而各種資材的紫外線透過率的特性概況如下所述。

玻璃是紫外線的良透明體，其特性與農用PVC類似。

硬質板裡MMA或FRA是紫外線容易透過，FRP或PC則不能透過。又MMA或PC的複層板，不只紫外線，可視光線透過率也比單層的略為降低。

硬質膜也有紫外線透過或不透過之分。

軟質膜裡，農用PE、農用EVA具有紫外線極高透過率的特徵。農用PVC則比較低些而與前述的玻璃大致相同。又農用PVC的紫外線透過率，因不同的品牌都會有若干的差異，這務必小心。

⑵散光率

指光通過資材時所形成的散光發生的比率稱為擴散率。此比率愈高的資材，於溫室內的光、溫度分佈不均一性的情況較少。

一般資材的透明性愈良好，其散光率會有較小的傾向，以玻璃或硬質板比較的話，玻璃或MMA較小，而FPR．FRA較大。但是複層板如MMA以其散光率高幾乎可與FRA作匹敵。

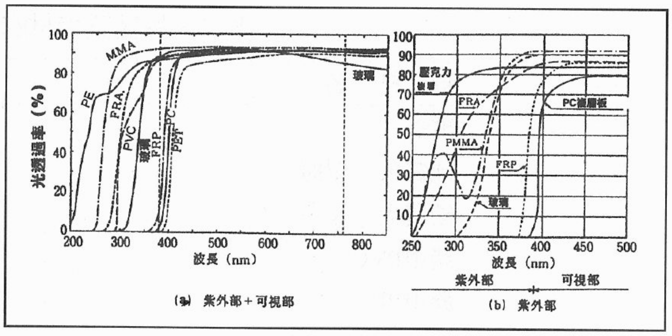
有關軟質膜，資材間的透明度幾乎無差異，而散光率卻與玻璃同樣極小。

2.熱的特性：熱的特性裡，保溫性最為重要，並且有必要考慮其通氣性。

⑴保溫性

保溫性是指溫室具有保溫的能力，因資材種類的不同，保溫性其也有差異的，主要是由於對長波軸射性質的差異所致。

這裡，所指的長波軸射是地球上的常溫下物體放射的熱線，其波長範圍約3,000～30,000nm。因此，說是日射的最長波部份不如說波長較長的。相對於這種長波軸射，日射也含有短波軸射。



圖四、各種資材的分光透過率

再者，對於資材的長波軸射特性，不僅是透過而已，吸收、反射性能亦很重要。通常認爲某種資材是長波軸射的透過率低的話，則保溫性良好，這種說法是錯誤的。譬如玻璃的透過率是零的話，反射率只有5%，大部份的95% 被吸收。其吸收之熱線傳到外表面，而被放出，則玻璃只不過是可比喻爲長波軸射的暫時停車場而已。但是，夜間的冷卻不是無限的延續，因此這種暫時停車作用亦會多多少少提高資材的保溫性。

與這相反，反射率高的資材則保溫性良好。因此對於外裝置用資材的長波軸射特性，如表一所示，反射率幾乎無差異。因此，由於長波軸射特性資材間的保溫性差異難於明瞭，資材保溫性的指標，不如採用熱貫流率爲好。熱貫流率是每單位時間．單位面積，內外表面的單位溫度差自高溫部向低溫部所流的熱量，通常以 kcal／m²hr℃的單位表示。

(2)通氣性

在溫室裡，熱的特性之通氣性幾乎不成問題，而以隧道資材別就變成重要的問題。

具有通氣性的資材，在隧道內能有效防止白天溫度過高，因地區或時期其利用效果有所不同。現在，其資材爲有孔PE，不織布，寒冷紗等。

表一、外裝置資材的長波放射特性（岡田）

資　材　名	吸收率（%）	透過率（%）	反射率（%）
農用PE（0.1mm厚）	15	75	10
農用EVA（0.1mm厚）	35	55	10
農用PVC（0.1mm厚）	65	25	10
硬質Polyester（0.1mm厚）	80	10	10
玻璃（0.1mm厚）	95	－	5
硬質板（MMA,FRA等）	90	－	10

各種資材熱貫流率的值，如表二所示，硬質複層板爲最優，其次是玻璃．硬質板（單層）<農用PVC<農用PE的順序。

表二、外裝置資材的熱貫流率

資　材　名	熱貫流率（kcal/m²hr℃）
玻璃	5.0
硬質板（單層）	5.0
硬質板（複層）*	2.5
農用PVC	5.5
農用PE	5.8

*空氣層的厚度限於10～20㎜